

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-324003

(43)Date of publication of application : 25.11.1994

(51)Int.Cl.

G01N 21/88

H01L 21/66

(21)Application number : 05-110190

(71)Applicant : HITACHI LTD

HITACHI GAZOU JOHO SYST:KK

(22)Date of filing : 12.05.1993

(72)Inventor : NOGUCHI MINORU

MORIOKA HIROSHI

OSHIMA YOSHIMASA

KENBO YUKIO

NISHIYAMA HIDETOSHI

MATSUOKA KAZUHIKO

SHIGYO YOSHIHARU

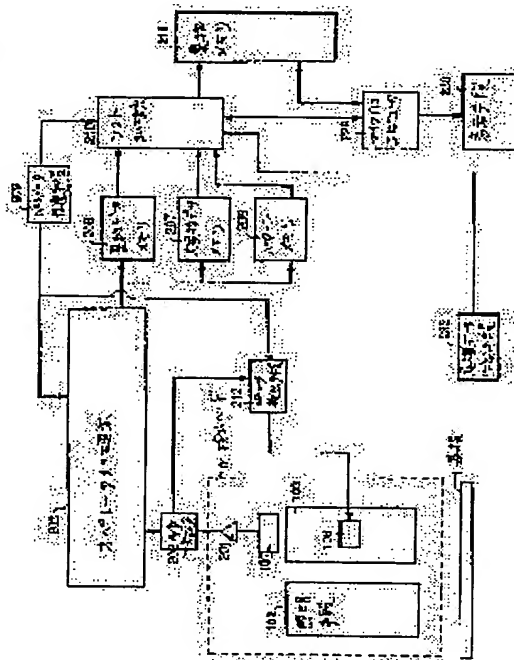
MINAMITANI NORIHIRO

(54) FOREIGN MATTER INSPECTING DEVICE AND METHOD

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a foreign matter inspecting device and its method which inspects the foreign matter generation status in a manufacturing process for detecting a defect such as a foreign matter generated at the manufacturing process for manufacturing a target object by forming a pattern on a substrate, analyzes it, and then provide measures against.

CONSTITUTION: The inspecting device consists of a detection head which is constituted of a lighting means 102, a detection optical system 103, a space filter unit 106, a detector 107, an operational amplifier 201, and an A/D converter 202 and a pitch detection means 212, an operator treatment system 303, a foreign matter data memory 206, a large foreign data memory 207, a pattern memory 208, a soft treatment system 210, a parameter transfer means 209, a foreign matter memory 211, a coordinate data creation means 232, a microcomputer 229, and a display means 230.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 10.05.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 03.09.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

| | |
|--|------------|
| [Patent number] | 3435187 |
| [Date of registration] | 30.05.2003 |
| [Number of appeal against examiner's decision of rejection] | 2002-19085 |
| [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] | 02.10.2002 |
| [Date of extinction of right] | |

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-324003

(43)公開日 平成6年(1994)11月25日

(51) Int.Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

FI

技術表示箇所

G O I N 21/88

E 8304-2 J

H01L 21/66

J 7630-4M

審査請求 未請求 請求項の数2 O.L (全 17 頁)

(21)出願番号 特願平5-110190

(22) 出願日 平成5年(1993)5月12日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(71)出題人 000233136

株式会社日立画像情報システム

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地

(72) 發明者 野口 稔

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式
会社日立製作所生産技術研究所内

(72)發明者 森岡 洋

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式
会社日立製作所生産技術研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

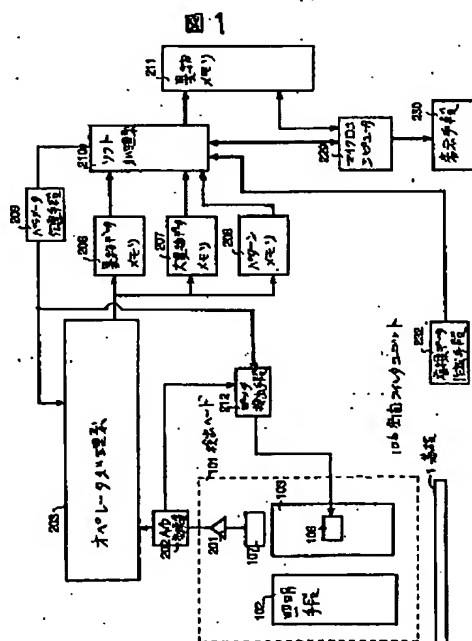
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 異物検査装置およびその方法

(57)【要約】 (修正有)

【目的】基板上にパターンを形成して対象物を製作していく製造工程で、発生する異物等の欠陥を検出し、分析して対策を施す製造工程における異物発生状況を検査する異物検査装置およびその方法に関する。

【構成】照明手段１０２、検出光学系１０３、空間フィルタユニット１０６、検出器１０７、オペアンプ２０１、Ａ／Ｄ変換器２０２より構成される検出ヘッド１０１、ピッチ検出手段２１２、オペレータ処理系２０３、異物データメモリ２０６、大異物データメモリ２０７、パターンメモリ２０８、ソフト処理系２０１、パラメータ伝達手段２０９、異物メモリ２１１、座標データ作成手段２３２、マイクロコンピュータ２２９、表示手段２３０より構成される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】ピッチの異なる繰り返しパターンを有する基板に対して平面波の光を直線状にして照射する照明系と、該照明系によって照射された基板からの反射光像を結像する結像光学系と、該結像光学系の途中に基板上的のピッチの小さな繰り返しパターンからの回折光を遮光するように設置された空間フィルターと、該空間フィルターを通して得られ、前記結像光学系で結像された光像を検出する検出器と、該検出器で検出された信号を対数信号に変換する対数信号変換手段と、該対数信号変換手段によって変換された検出器上の 1 つの画素の対数信号レベルと前記対数信号変換手段によって変換された検出器で取り込まれた隣接する繰り返しパターンの対応する個所の画素の対数信号レベルおよび該対応する個所に近接した複数の画素の対数信号レベルとを比較して、該対応する個所或いは近接する個所の信号レベルのなかに 1 つの画素の信号レベルと同等の値の画素が存在した場合検出器上の 1 つの画素で検出された信号は繰り返しパターンからの信号であると判断して繰り返しパターンを消去し、更に前記対数信号変換手段によって変換された検出器上の 1 つの画素の対数信号レベルと前記対数信号変換手段によって変換された検出器で取り込まれた隣接する繰り返しパターンの対応する個所の画素の対数信号レベルおよび該対応する個所に近接した複数の画素の対数信号レベルとを比較して差または比率信号を得、該差または比率信号を複数の閾値と比較して複数の種類の異物判定を行なう異物検出手段とを備えたことを特徴とする異物検査装置。

【請求項 2】ピッチの異なる繰り返しパターンを有する基板に対して照明系で平面波の光を直線状にして照射し、該照射された基板からの反射光像を結像光学系で結像させると共に該結像光学系の途中に基板上的のピッチの小さな繰り返しパターンからの回折光を空間フィルターで遮光し、該空間フィルターを通して得られ、前記結像光学系で結像された光像を検出器で検出し、該検出された信号を対数信号変換手段で対数信号に変換し、該変換された検出器上の 1 つの画素の対数信号レベルと前記対数信号変換手段によって変換された検出器で取り込まれた隣接する繰り返しパターンの対応する個所の画素の対数信号レベルおよび該対応する個所に近接した複数の画素の対数信号レベルとを比較して、該対応する個所或いは近接する個所の信号レベルのなかに 1 つの画素の信号レベルと同等の値の画素が存在した場合検出器上の 1 つの画素で検出された信号は繰り返しパターンからの信号であると判断して繰り返しパターンを消去し、更に前記変換された検出器上の 1 つの画素の対数信号レベルと前記対数信号変換手段によって変換された検出器で取り込まれた隣接する繰り返しパターンの対応する個所の画素の対数信号レベルおよび該対応する個所に近接した複数の画素の対数信号レベルとを比較して差または比率信号

を得、該差または比率信号を複数の閾値と比較して複数の種類の異物判定を行なうことを特徴とする異物検査方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体製造工程、液晶表示素子製造工程、プリント基板製造工程等、基板上にパターンを形成して対象物を製作していく製造工程で、発生する異物等の欠陥を検出し、分析して対策を施す製造工程における異物発生状況を検査する異物検査装置およびその方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の半導体製造工程では半導体基板（ウェハ）上に異物が存在すると配線の絶縁不良や短絡などの不良原因になり、さらに半導体素子が微細化して半導体基板中に微小な異物が存在した場合にこの異物がキャパシタの絶縁膜やゲート酸化膜などの破壊の原因にもなる。これらの異物は搬送装置の稼働部から発生するものや、人体から発生するものや、プロセスガスによる処理装置内で反応生成されたものや薬品や材料等に混入されているものなどの種々の原因により種々の状態で混入される。

【0003】同様の液晶表示素子製造工程でも、パターン上に異物が混入したり、何らかの欠陥が生じると、表示素子として使えないものになってしまう。プリント基板の製造工程でも状況は同じであって、異物の混入はパターンの短絡、不良接続の原因に成る。

【0004】従来のこの種の半導体基板上的の異物を検出する技術の 1 つとして、特開昭 62-89336 号公報に記載されているように、半導体基板上にレーザを照射して半導体基板上に異物が付着している場合に発生する異物からの散乱光を検出し、直前に検査した同一品種半導体基板の検査結果と比較することにより、パターンによる虚報を無くし、高感度かつ高信頼度な異物及び欠陥検査を可能にするものが、また、特開昭 63-135848 号公報に開示されているように、半導体基板上にレーザを照射して半導体基板上に異物が付着している場合に発生する異物からの散乱光を検出し、この検出した異物をレーザフォトルミネッセンスあるいは 2 次 X 線分析（XMR）などの分析技術で分析するものがある。

【0005】また、上記異物を検査する技術として、ウェハにコヒーレント光を照射してウェハ上の繰り返しパターンから射出する光を空間フィルターで除去し繰り返し性を持たない異物や欠陥を強調して検出する方法が開示されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来技術においては、高性能異物、大異物を弁別して検査できるようにした点について考慮されていなかった。

【0007】本発明の目的は、上記従来技術の課題を解

決すべく、検出信号を対数変換して繰り返しパターンによる虚報を低減すると共に高性能異物、大異物を弁別して検査できるようにした異物検査装置およびその方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記目的を達成するために、ピッチの異なる繰り返しパターンを有する基板に対して平面波の光を直線状にして照射する照明系と、該照明系によって照射された基板からの反射光像を結像する結像光学系と、該結像光学系の途中に基板上のピッチの小さな繰り返しパターンからの回折光を遮光するように設置された空間フィルターと、該空間フィルターを通して得られ、前記結像光学系で結像された光像を検出する検出器と、該検出器で検出された信号を対数信号に変換する対数信号変換手段と、該対数信号変換手段によって変換された検出器上の1つの画素の対数信号レベルと前記対数信号変換手段によって変換された検出器で取り込まれた隣接する繰り返しパターンの対応する個所の画素の対数信号レベルおよび該対応する個所に近接した複数の画素の対数信号レベルとを比較して、該対応する個所或いは近接する個所の信号レベルのなかに1つの画素の信号レベルと同等の値の画素が存在した場合検出器上の1つの画素で検出された信号は繰り返しパターンからの信号であると判断して繰り返しパターンを消去し、更に前記対数信号変換手段によって変換された検出器上の1つの画素の対数信号レベルと前記対数信号変換手段によって変換された検出器で取り込まれた隣接する繰り返しパターンの対応する個所の画素の対数信号レベルおよび該対応する個所に近接した複数の画素の対数信号レベルとを比較して差または比率信号を得、該差または比率信号を複数の閾値と比較して複数の種類の異物判定を行なう異物検出手段とを備えたことを特徴とする異物検査装置である。

【0009】また、本発明は、ピッチの異なる繰り返しパターンを有する基板に対して照明系で平面波の光を直線状にして照射し、該照射された基板からの反射光像を結像光学系で結像させると共に該結像光学系の途中に基板上のピッチの小さな繰り返しパターンからの回折光を空間フィルターで遮光し、該空間フィルターを通して得られ、前記結像光学系で結像された光像を検出器で検出し、該検出された信号を対数信号変換手段で対数信号に変換し、該変換された検出器上の1つの画素の対数信号レベルと前記対数信号変換手段によって変換された検出器で取り込まれた隣接する繰り返しパターンの対応する個所の画素の対数信号レベルおよび該対応する個所に近接した複数の画素の対数信号レベルとを比較して、該対応する個所或いは近接する個所の信号レベルのなかに1つの画素の信号レベルと同等の値の画素が存在した場合検出器上の1つの画素で検出された信号は繰り返しパターンからの信号であると判断して繰り返しパターンを消

去し、更に前記変換された検出器上の1つの画素の対数信号レベルと前記対数信号変換手段によって変換された検出器で取り込まれた隣接する繰り返しパターンの対応する個所の画素の対数信号レベルおよび該対応する個所に近接した複数の画素の対数信号レベルとを比較して差または比率信号を得、該差または比率信号を複数の閾値と比較して複数の種類の異物判定を行なうことを特徴とする異物検査方法である。

【0010】

【作用】本発明において、量産ラインのモニタは半導体基板上の全ての点をモニタする必要はなくある特定の比率で半導体基板上を監視していればよく、繰り返しパターンの多いメモリの製造では、このメモリの繰り返し部だけをモニタするだけでも効果は大きいことに着目した。

【0011】繰り返しパターンでは、コヒーレント光を照射するとある特定の方向にだけ光が射出する。すなわちメモリの場合は繰り返し部分から特定の方向に射出する光を空間フィルターによって遮光することができ、繰り返し発生することがない異物を高感度で検出することができる。

【0012】ところで、半導体製造時の歩留りが向上するのは以下の理由による。半導体基板上の異物個数の厳密な検出実験により、異物個数は徐々に増減するものではなく、突発的に増減するものであることが新たに判明した。従来は、異物の個数は徐々に増減するものと考えられていたため、上述したようにロットで1枚ないし1日1枚等の頻度で異物及び欠陥検査されていた。ところが、この検査頻度では突発的な異物の増加が見落とされたり、増加したまましばらくたってから検出されたりすることになり、相当数の不良が発生することになる。すなわち、量産ラインでは異物の発生をいち早く感知し対策を施す必要があり、異物発生から異物発生の感知まで時間が経過した場合不良の発生数は大きくなり歩留りは下がる。従って、異物発生からその感知までの経過時間を短縮することにより高い歩留りを維持することができる。つまり、モニタのサンプリングタイムを短くすること、理想的には、実時間のサンプリングにより、異物検査の効果を最大限にだすことができる。

【0013】一方で、画素数が多いほど検査時間がかかるため、高速検査を実現するためには画素サイズを大きくする必要がある。したがって、画素サイズを大きくして、ノイズレベルも小さくする必要がある。このノイズレベルを小さくする方法として、小泉他、「LSIウェハパターンからの反射光の解析」、計測自動制御学会論文集、17-2、77/82(1981)に、偏光を利用した方法が解析されている。これによれば、偏光を利用することによって、パターンからの散乱光(ノイズ)を減衰させることができる。ところがこの方法による散乱光の減衰率は、上記論文に解析されている通り、検出

器の方向に依存する。このため、結像光学系を用いたように様々な方向に射出した光を集光する場合、それぞれの減衰率を積分すると減衰率は0.1%から0.01%程度になる。

【0014】これに対し、本出願の空間フィルターを用いた方法では、減衰率を0.001%から0.0001%にできる。繰り返しパターンからの射出光はパターンのピッチに応じた位置に集中する。この集中の比率を算出した例として、複スリットの場合の回折光強度分布が久保田宏著、「応用光学」(岩波)に説明されている。これによれば、スリットの数(本出願では同時に照明される繰り返しパターンの数)が多くなれば、集中の比率が大きくなる。この比率はフーリエ変換 $F[]$ を用いても算出できる。照明されたパターンの形状を $a(x, y)$ とすると、空間フィルターの位置の光強度分布は $F[a(x, y)]$ となる。空間フィルターの形状を $p(u, v)$ とすると、 $p(u, v) * F[a(x, y)]$ が、空間フィルターを通過する光となる。また空間フィルターに相補的な図形の形状を $\neg p(u, v)$ とすると、 $\neg p(u, v) * F[a(x, y)]$ は、空間フィルターによって遮光される光成分である。この2つの成分の比率が先の減衰率になる。パターンの繰り返し数が3の時のこの減衰率を算出すると0.001%程度である。繰り返し数が5の時0.0001%程度になり、さらに繰り返し数を多くすれば減衰率は低下する。従って、偏光を用いるよりも減衰率を低できることになる。

【0015】更に本発明は、オペレータ処理によって、検出信号を対数変換して繰り返しパターンによる虚報を低減すると共に高性能異物、大異物を弁別して検査できるようにしたことにある。

【0016】

【実施例】以下に本発明のオンラインモニターの具体的実施例の構成をを図1から図7を用いて説明する。

【0017】本実施例は、図1に示すように、照明手段102、検出光学系103、空間フィルターユニット106、検出器107、オペアンプ201、A/D変換器202より構成される検出ヘッド101、ピッチ検出手段212、オペレータ処理系203、異物データメモリ206、大異物データメモリ207、パターンメモリ208、ソフト処理系210、パラメータ伝達手段209、異物メモリ211、座標データ作成手段232、マイクロコンピュータ229、表示手段230より構成される。

【0018】また、図2に示すように、照明手段102は、半導体レーザ112、コリメータレンズ113、凹レンズ114、レシーバレンズ115よりなるビームエキスパンダ、シリンドリカルレンズ116、ミラー118より構成され、検出光学系は、フーリエ変換レンズ108、空間フィルターユニット106、フーリエ変換レ

ンズ111より構成される。

【0019】また、図3に示すように、オペレータ処理系203は、4画素加算手段214、8値化手段215、複数のラインメモリ216からなる切り出し手段204、バッファメモリ217、判定画素切り出し手段218、オペレータ切り出し手段219、231、複数の第1の比較回路220よりなる比較回路群、第1の閾値設定回路221、複数の第2の比較回路223よりなる比較回路群、第2の閾値設定回路222、OR回路224、225、AND回路226、227、228より構成される。

【0020】また、図4に示すように、ピッチ検出手段212は、FFT回路242、オペレータピッチ算出手段241、フィルターピッチ算出手段244、空間フィルター制御系243より構成される。

【0021】(関係)基板1は照明手段102で照明され、表面の異物、欠陥あるいはパターンからの散乱光あるいは回折光が取り込まれ、空間フィルターユニット106で光学的なフィルターリング処理が施され、検出光学系103内の検出器107で検出される。検出された信号は検出ヘッド101内のオペアンプ201でインピーダンスの大きなノイズののりにくい信号に増幅され、A/D変換器202でデジタル信号に変換されてオペレータ処理系203に伝送される。また、検出光学系は103は、十分大きな焦点深度を有するため、基板1を搬送系(図示せず。)で機械精度で搬送してくれば、自動焦点合わせは基本的には不要である。具体的には、約800nmの波長を用い開口数0.08の場合、焦点深度は約±100ミクロンで有る。もちろん、自動焦点機構を持っても問題ない。

【0022】ピッチ検出手段212では、検出信号から基板1上のパターンの繰り返しピッチ、及びチップのピッチが計測される。オペレータ処理系203でパラメータ伝達手段209により伝達されたチップの繰り返しピッチ等の情報を基に、チップピッチの繰り返し性を利用してパターン情報が除去される。結果は、図1に示す異物データメモリ206、大異物データメモリ207、パターンメモリ208に格納され、さらに、パラメータ伝達手段209により伝達されたテストエレメントグループの位置座標チップの繰り返しピッチ等の情報を基に、チップ間の繰り返し性を持たないテストエレメントグループ等のパターン情報がソフト処理系210で除去され、異物メモリ211に格納される。ここで、座標データ作成手段232により、座標データが作成され、異物情報と同時に必要に応じ格納される。以上の処理は、マイクロコンピュータ229により管理され、表示手段230より表示される。

【0023】また、図2に示すように、照明手段102では、半導体レーザ112からの光が、コリメータレンズ113、凹レンズ114、レシーバレンズ115によ

り平面波としてコリメートされ、シリンダリカルレンズ116、ミラー118を通して基板1上を照明する。ここで、シリンダリカルレンズ116により、照明は、図に示すように、x方向のみコリメートされ、y方向は基板上で集光される。検出光学系103では、フーリエ変換レンズ110でフーリエ変換された光束が空間フィルターユニット106により光学的なフィルタリング処理が施され、さらにフーリエ変換レンズ111より検出器107上に基板上の像が結像される。

【0024】また、図3に示すオペレータ処理系203では、A/D変換器202でA/D変換された検出信号の周囲の画素2x2が、4画素加算手段214により加算され平均化される。この処理は、平均化による安定検出が目的であるが、検出性能（検出感度）自体はやや落ちるため、必要に応じバイパスできるようバイパス手段が設置されている。加算された信号は、8値化手段215により8値化され、複数のラインメモリ216からなる切り出し手段204を通して2次元の画像データとしてバッファメモリ217に格納される。格納された後、判定画素切り出し手段218、オペレータ切り出し手段219、231、により、2次元の画像データの中から必要なデータが切り出され、比較回路219に送られる。ここで、検出器107は高速のステージ走査による高速検出が可能のように1次元のリニアセンサを用いている。この検出器107からのデータを2次元画像に変換するのがラインメモリ216とバッファメモリ217であり、検出器107からの信号が1画素ずつ送られる度に、画像全体がx方向に1画素ずつ移動する。いわゆるパイプライン処理で有る。複数の第1の比較回路220よりなる比較回路群、第1の閾値設定回路221、複数の第2の比較回路223よりなる比較回路群、第2の閾値設定回路222、OR回路224、225、AND回路226、227、228により、後に説明する論理により大異物信号、高性能異物信号、パターン信号が抽出される。

【0025】また、図4に示すピッチ検出手段212では、FFT回路242により検出画像のフーリエ変換処理が施され、この結果からオペレータピッチ算出手段241によりオペレータピッチが、フィルターピッチ算出手段244により空間フィルターピッチが算出され、空間フィルター制御系243及びオペレータ切り出し手段219、231に送られる。

【0026】（原理）本発明のパラメータ圧縮型空間フィルター（PRES(Parameter Reduction Spatial)フィルター）の原理について説明する。

【0027】従来からウエハ表面のパターンの繰り返し性を用いて、非繰り返し性を有する異物あるいは欠陥を検出しようとする技術が開示されている。しかしながら繰り返し性を有するパターンとは言っても繰り返し周期、基本パターンの形状によって回折パターンの形状は

異なる。そのため、対象となる繰り返しパターンの形状に合わせて遮光板であるところの空間フィルターの形状を変えなくてはならなかった。この空間フィルターの変更方法として、写真乾板を用いた方法などが開示されている。これらの方法では、対象に応じた空間フィルターを作成するのに時間がかかったり、大規模の装置が必要だったりした。

【0028】具体的には図5(a)に示すように斜方からコヒーレント光すなわち平面波で照明した場合、例えば図5(b)，(c)に示すような回折パターンがフーリエ変換の位置で観察されたとする。この場合、基板上のパターンのピッチが変わった時、回折パターンのピッチ p_x 、 p_y のみならず、全体の位相が変化する。さらに基板上パターンの基本形状が変わると回折パターンを形成する点パターンの配置が変化する。すなわち、フーリエ変換面状の回折パターンを記述するパラメータが多くパターン形状に対応するのは困難であった。

【0029】ここで、図6(a)，(b)に示したような平面波ではなく、図6(d)，(c)に示すようなx方向には試料1上で絞り込み、y方向はコヒーレントすなわち平面波を照明した場合を考える。この場合、フーリエ変換面ではu軸方向には結像せずu軸方向に圧縮された形状の回折パターンとなる。結果的に、空間フィルター106はv軸方向だけの1次元のパラメータに圧縮されたことになる。ここで、圧縮された回折パターンのv軸方向のピッチ p は基板表面で照明されている領域のy軸方向のピッチに応じたピッチとなる。また、1本1本の線上の回折パターンの太さ w は前側フーリエ変換レンズ110のフーリエ変換面への開口数 $\sin\theta$ により決定される。具体的には、照明系102の射出側開口数と前側フーリエ変換レンズ110の開口数により決定される。従って、照明系102及びフーリエ変換レンズ110が決定されれば決まるものであって、検査対象である基板1上のパターンの影響を受けない。しかしながら、照明の開口数を変える場合などもあり、直線状空間フィルター106の幅は可変であるほうがよい場合もある。

【0030】また、実際には、高速の検査を実現するためには、検出器107としてステージ（図示せず）の連続走査が可能な1次元のイメージセンサーが適している。この1次元のイメージセンサを用いた場合、照明の効率を向上するには1次元のセンサの形状すなわち試料1表面上で直線状の照明が適している。このような照明を実現するためには、少なくとも1方向を絞り込む必要がある。すなわち、1方向コヒーレント照明は、照明強度の効率向上のためにも大きな効果を有する。

【0031】以上説明したように、従来基板上のパターンの形状は千差万別であり、この千差万別のパターンに対応するにはそれぞれのパターンに応じた空間フィルターが必要とされていた。しかしながら本発明によれば、これら千差万別の空間フィルターも見方を変えればピッ

チpのみの関数と考えることができ、多次元のパラメータを持つ空間フィルタが1次元に圧縮されたことになる。このように空間フィルタのパラメータの次元を圧縮することにより複雑な形状のため形状変化への対応がむずかしかった空間フィルタを単純化して、全ての繰り返しパターンに対応可能にすることができる。

【0032】以上の構成は、ウエハあるいは液晶表示素子などの上の異物あるいは欠陥を検出するばかりではなく、繰り返し性を有するパターンから非繰り返し性を有する部分を検出すべきあらゆる検査対象に適用可能である。具体的には、半導体マスク、レチクル、半導体行程を用いるマイクロマシニング部品、その他のマイクロマシニング部品、プリント基板などに適用可能である。本発明はこれら対象を検査する際に、対象毎に空間フィルタを交換することなしに空間フィルタリング技術を適用しながら、照度の高い照明を実現することによって、高速の検査を実現するものである。

【0033】(空間フィルタ制御、オペレータピッチ制御)図7(a), (b)に基づいて(A)空間フィルタ106によるパターン消去方法とオペレータピッチ処理系203における(B)ショット比較オペレータによるパターン消去方法とソフト処理系210(206~211)等における(C)ソフトにTEGパターン消去方法について説明する。本発明では、数百ミクロンピッチ以下のセルの繰り返し性を空間フィルタ106を用いてパターン消去し、オペレータ処理系203(217)による(B)ショット比較オペレータによる数百ミクロンピッチ以上の繰り返し性を隣接するチップ間(場合によっては、1回の露光を意味するショット間)の繰り返し性を用いてパターン消去し、さらに繰り返し性を持たないチップ(TEGパターン)はソフト処理系210(206~211)等において座標・マトリクスデータを用い検査しないようにデータを消去する構成をとっている。ここで、それぞれの消去の際にそれぞれ必要なパラメータがある。空間フィルタ106による消去の際には空間フィルタピッチ、チップ間繰り返しによる消去の際にはチップ間ピッチ、繰り返しを持たないチップ(TEGパターン)の消去の際にはチップの位置情報がそれぞれ必要になる。従って、本発明の検出ヘッド101は、最低2チップを同時に検出できるのが望ましい。即ち、検出ヘッド101の検出光学系103の視野サイズが最低2チップの長さ以上の長さが必要になる。もちろんこの視野サイズがあれば望ましいというだけのものであって、複数設置される検出ヘッド101の位置関係を正確に知っておき、この位置関係をパラメータ伝達手段209に記憶させておき、オペレータ処理系203等で複数の検出ヘッド101間でこの比較処理を実施する場合は、視野サイズが2チップ以上ある必要はない。但し、光学系(検出ヘッド)101の必要精度、オペレータ処理系203およびソフト処理系210におけるデー

タ処理のための回路系の複雑さを考慮すると視野サイズが2チップ以上の大きさを有しているのが望ましい。また、ここでは、2チップ以上として説明したが、ステップによりウエハ1上へパターンを転写する際に、マスクとして用いるレチクル上に2チップ以上のチップが書き込まれている場合は、これらのチップ間にテストエレメントグループ(TEG)と呼ばれるパターンが書き込まれている場合が多く、これらのパターンも消去するためには、上記繰り返しピッチを用いて消去する際に、チップ間のピッチを用いるのではなく、ショット(1回の露光で焼き付けられるパターン、レチクル上のパターン)間のピッチ(パラメータ伝達手段209に記憶される。)を用いる必要がある。もちろんこの方法も必ずしも必要なものではなく、これら1ショット内に形成されたTEGパターンは、後の処理で消去されても問題ない。

【0034】これらの情報は基板1に対応させて事前に測定されてパラメータ伝達手段209に記憶、される。この記憶された情報の中から、基板に対応するパラメータが選択され、本発明の異物欠陥検査装置(ソフト処理系210およびパラメータ伝達手段209を介してオペレータ処理系203)にフィードバックされる。従って、この方法を、用いる際には基板を同定する必要がある。この同定を目的にして基板には基板に対応した番号あるいは記号が記載されている。検査に先だってこの記号を読み取り、番号から基板に製品版号、ロット番号、品種を知り、本発明の異物検査装置が設置されている個所のデータから工程を知り、パラメータ伝達手段209を介してピッチ検出手段212に設定して空間フィルタ106のピッチ、閾値の値を設定しても良い。

【0035】また本発明の異物欠陥方法を実現するに当たっては、必ずしも、パラメータを上記説明したように取得し上記のように本発明の装置に送る必要はない。むしろ以下説明するように、本発明の装置により独自に取得される場合の方が望ましい場合もある。上記の方法では、事前に入力するパラメータの値を知っておく必要があるが、独自に取得される場合はそのような手間がいらないからである。またもちろん、基板に記載された番号を読む必要も無くなる。

【0036】本発明では、上記説明したように、複雑な背景パターンを有する基板上に付着した異物あるいは欠陥と背景パターンとを区別して異物あるいは欠陥を抽出して検出するために3段階のパターン除去機能を有している。このパターン除去機能は、事実上パターンと判断された個所は検査対象とせず捨ててしまうことになる。具体的には、数百ミクロンピッチ以下の繰り返しを空間フィルタ106で消去し、パラメータ伝達手段209を介して与えられるパラメータに基づいてオペレータ処理系203において数百ミクロンピッチ以上の繰り返しをチップ間の繰り返し性を用いて消去し、さらに繰り返し性を持たないチップはパラメータ伝達手段209に記

憶された座標・マトリクスデータに基づいてソフト処理系210等で検査しないようにデータを消去する構成をとっている。

【0037】このようにパターンが形成されている領域を検査対象から外してしまうのは、以下の理由による。パターンが形成されていても、隣接するチップには同じ形状を持ち、同じ射出方向に同じ光量を射出するパターンが形成されている。従って、この2つのパターンからの光の検出光強度を比較すれば、空間フィルタ106で消去できない形状のパターンが形成されている領域でも異物あるいは欠陥の検査が可能となる筈である。しかしながら、これらのパターンは特に散乱光を検出する場合、検出光の強度は不安定になりやすく、上記説明した、比較によるパターン除去を実施すると虚報（異物でないパターン情報が異物として検出されてしまう。）が多くなる。そこで、パターンが形成されている領域を検査対象から外してしまうのがむしろ有効になることがあるのである。すなわち、安定性を考えて、特に散乱光を検出する場合、複雑なパターンが形成されている領域を検査対象から外してしまうか、隣接するチップパターンからの光の検出光強度を比較することで異物検査するか決定されるべきである。

【0038】（ログスケールしきい値）図8に空間フィルタ等光学的な処理方法を前処理として用いた場合の比較検査と、このような処理を用いずに電気信号だけで比較検査を実施したときの検出信号の様子を図14に模式的に示す。空間フィルタ106による方法はパターン部内の欠陥の情報をなくさずにパターンの情報のみを除去できるが、チップ比較による方法は異物および欠陥情報とパターンの情報を重ね合わせた形で検出し、電気信号としているため、光電変換時のダイナミックレンジの範囲でしか異物欠陥信号を検出できない。つまりパターン信号が極めて大きく異物欠陥信号が極めて小さい場合にはパターン信号に異物欠陥信号がうずもれてしまい、異物欠陥信号をパターン信号から区別して検出することは難しい。

【0039】図8は、横軸に、検出位置を示し、縦軸に検出信号強度を示す。左側に、異物あるいは異物欠陥情報4を含んだ信号18、右側に比較対象になる異物欠陥情報4を含まない信号19を示す。ここで、一つの信号として検出する画素サイズを13として検出した場合、斜線を施した、16と17の面積に相当する検出光が検出される。この場合異物欠陥情報4が総面積に対して小さいため、この2つの検出信号16、17の比較は安定してできない。具体的にはノイズに埋もれてしまう。この場合、照明の光強度等を大きくしても、異物欠陥情報4を検出可能とするには大きなダイナミックレンジの検出器が必要になる。ここで、画素サイズを13から14にすると検出信号は7と8のなり、異物欠陥情報4は比較により検出できるようになる。画素サイズを小さくする

ことはこのような効果を生むわけである。これとは逆に、検出信号18、19を安定して（電気信号等に変えずに本質的な比較で）オフセットを消去できれば、具体的には検出信号を例えば10の位置以上できって検出できれば、検出信号は5と6になり比較検査できるレベルになる。この場合は、画素サイズはさきの13のままで有るので、大画素による高速検出が可能になる。照明の光強度等を大きくすれば、小さなダイナミックレンジの検出器でも異物等の欠陥情報4を検出できる。本発明の空間フィルタ106を用いた方法は上記の画素13を用いたままで、微小な異物欠陥情報4を検出することにある。

【0040】以上説明したように、光学系の工夫等で比較すべき隣接チップ間の部内のパターン信号を極めて安定にできたとしても光強度を1:100あるいは1:1000程度のダイナミックレンジで検出するのが限界である。従って、さらにこれ以上のダイナミックレンジを必要とするように異物欠陥信号が小さかったり、パターン信号が大きかったりした場合、隣接チップ間の信号強度を比較することにより何方かの信号に異物欠陥信号が含まれているか含まれていないかを判断することはできない。パターンの信号に対する異物欠陥の信号の比率が十分に大きい場合のみ、比較によって異物の有無を検査できる。この比率が小さいときは、異物を見逃してしまうか、異物を検査しようとしきい値を小さくすると虚報が多くなる。

【0041】そこで、これらパターン上に存在する異物を虚報無く検査することは困難であり、虚報をなくすか、異物検出感度を小さくして大きな異物のみを検出可能とするかしかない。本発明でこのようにパターンが形成されている領域を検査対象から外してしまう実施例を用いているのは、以上説明した虚報をなくすことを目的にしている。

【0042】また、異物検出感度を小さくして大きな異物のみを検出可能とするためには、以下に説明するようなログスケールの比較検査が必要になる。確かに、隣接するチップには同じ形状を持ち同じ射出方向に同じ光量を射出するパターンが形成されていても、これら2つのパターンからの検出光は完全に同一ではない。従って、この2つのパターンからの光の検出光強度はばらつく可能性が大きく比較は難しい。そこで、比較の際に、オペレータ219および231に切り出されたaとオペレータ218に切り出されたpを複数の第1の比較回路220および複数の第2の比較回路223により比較する際、（数1）式を満たす場合2つの信号は異なり、異物が存在すると判断することができる。

【0043】

【数1】

$$(a-p) > \delta$$

（数1）

ところがこの方法では、信号の絶対レベルが大きいとき

その絶対量に対する比率で変動するばらつきが有った場合異物が無いのに異物があると判断するいわゆる虚報の可能性が大きくなる。そこで、2つの信号の比率が(数2)式を満たすとき、異物と判断する。

【0044】

【数2】

$$(a/p) > \delta \quad (\text{数2})$$

ところが、実際は、2つの信号の割り算は演算回路の規模が大きくなるため、実際は、閾値を対数で設定し、

(数3)式が成立するとき異物が存在すると判断する。

【0045】

【数3】

$$\log(a/p) = \log a - \log p > \delta \quad (\text{数3})$$

このように、(数3)式を用いることにより、量子化の閾値を対数軸を用いて設定しておけば、本来割り算をする必要がある演算を、第1の比較回路220、第2の比較回路223において引き算で処理することができる。以上説明した論理を実現するのが、図3に示した回路構成である。以上説明したような対数の処理は、図3に示した、8値化処理系215の閾値を対数で設定すればよい。

【0046】また、図3では、上記説明した8値化処理系215での対数の8値化処理を用いた第1の比較回路220、第2の比較回路223での引き算処理を示したが、必ずしもこの方法ではなく、上記の割り算処理のままの方法を用いても、また、8値化以外の多値化を用いても差しつかえない。この場合、3値化を用いると全てのパターン上の異物を検出しないで捨ててしまうことになり、さらにおおきな多値化を用いると光学系が安定であれば、パターン上のより小さな異物の検出が可能になる。

【0047】ここで第1の閾値設定回路221では上記の δ が設定され、複数の第1の比較回路220では、上記の(数1)または(数2)または(数3)式に基づく比較がなされ、オペレータ(画素)218とオペレータ(画素)219および231との差が上記閾値 δ 以上のものについてOR回路224でORをとり、全ての第1の比較回路220から“0”が出力されてチップ(ショット)間の繰り返しパターンが消去され、何れか第1の比較回路220から閾値 δ 以上のものが“1”として出力され、AND回路227から大異物信号“1”が出力され、AND回路228のANDがとれ、高性能異物信号が出力され、異物データメモリ206に記憶される。また、複数の第1の比較回路220では、上記の(数1)または(数2)または(数3)式に基づく比較がなされ、オペレータ(画素)218とオペレータ(画素)219および231との差が全て上記閾値 δ 以下のとき全ての第1の比較回路220から“0”が出力され、AND回路226においてANDがとれ、チップ(ショット)間の繰り返しパターンとして検出され、パ

ターンメモリ208に記憶される。また、第2の閾値設定回路222では基本的には検出すべき大異物の最小閾値が設定される。そのため複数の第2の比較回路223においてオペレータ(画素)218とオペレータ(画素)219および231との差が大異物の最小閾値以上のものについてOR回路225でORをとり、全ての第1の比較回路223から“0”が出力されてチップ(ショット)間の繰り返しパターンが消去され、何れか第2の比較回路223から大異物の最小閾値以上のものが“1”として出力され、当然OR回路224からも“1”が出力され、AND回路227においてANDがとれ、大異物信号が出力され、大異物データメモリ207に記憶される。即ち、この場合、オペレータ218とオペレータ219および231内に上記大異物の最小閾値より大きなパターンが検出されたときに相当するため、大異物として検出される。ここで、さらに重要なことは、本発明では、いわゆる異物の検出に使用される閾値よりも小さな閾値が最低でも1つは設定されていることである。これは、上記の(数3)式を用いる際に必要になることは言うまでもない。

【0048】また、以上の対数閾値による量子化の様子を図9に示す。横軸は、検出位置、縦軸は検出信号を示す。対数の閾値50、51、52、53、54が設定され、ピッチ p 離れた部分にある信号が比較処理される。ここで、多値にし、比較時に同一と判定する許容範囲をたとえば1賭することにより、同一の値に量子化されているパターン信号55、58だけでなく、1つ異なる値に量子化されているパターン信号56、59、および57、60がパターンと判定され、虚報にならない。即ち、量子化の際の対数しきい値の比を大きくとること、許容範囲が大きくなり虚報を小さくできる半面、パターン上では、よりおおきな異物しか検出できなくなる。また、異物信号61、62ともに検出できる。さらに、オペレータ231を平面方向に広げていることにより平面方向の量子化の誤差を許容することができる。

【0049】以上のように、空間フィルタ106によるパターン消去とチップ比較によるパターン消去には、本質的な違いが有る。つまり、空間フィルタによる方法はパターン部内の欠陥を強調して検出できるが、チップ比較による方法はパターン部内の異物欠陥情報をそのままの形で光電変換し検出した後で比較するため、大きなダイナミックレンジを必要とする点である。ちょうど、空間フィルタによる方法は、ちょうど、干渉を用いたセル比較により欠陥だけを強調したような形になる。

【0050】(平面方向の量子化誤差と深さ方向の量子化誤差)ここで、使用したチップ間の繰り返しを用いた方法は、基本的には、比較検査であるが、短波長、点光源のレーザ光源を用いた散乱光検出でこのような比較検査を安定して実現するために以下の構成を用いている。

チップ間の繰り返しを用いたパターン除去方法を実現するオペレータは平面方向にx方向、y方向とも複数画素で形成されている。また、信号が、同一レベルと判断されるべきか、一方に欠陥あるいは異物が存在するために信号レベルが異なっていると判断されるべきかの比較は、(数1)、(数2)、(数3)式を用いている。これらの比較の際の比較数値の平面方向及び光強度方向へのサンプリングの拡大処理により、安定して異物とパターンを区別することができる。

【0051】(フィルターサイズ)以下、空間フィルター106の設計思想について説明する。本発明の異物および欠陥検査装置では、ピッチの大きなパターンはオペレータによるチップ間繰り返しを用いてパターンの情報

$$Df/(2 \cdot N.A.) = pf1/\sin\theta1$$

【0054】

$$\sin\theta1 = \lambda/L1$$

ここで、Dfは、光学系110、111の瞳面上の直径、N.A. (Numerical Aperture)は光学系110の開口数である。

【0055】この回折パターンの内、ピッチpf1の回折パターンは空間フィルター106で遮光されるが、ピッチpf2の回折パターンはピッチが小さすぎるため、空間フィルター106では遮光できないとする。即ち、パターンピッチL1の基板上パターンは空間フィルターで消去されて検出器107上に結像しないが、パターンピッチL2のパターンは空間フィルターで遮光されずに

$$L1 = (Df \cdot \lambda) / (2 \cdot pf1 \cdot N.A.) \quad (数6)$$

ここで、空間フィルター106は、製作上の精度として、照明102の開口数等の限定から或る大きさ以上必要になる。従って、(数6)式より、pf1を大きく保つと、空間フィルター106で消去可能なパターンのピッチは小さくなってしまふ。

【0057】ここで、図11に示すように、基板1上には、ピッチLtで複数個のチップが形成されている。このチップ間の繰り返しを用いて、パターンピッチL2のパターンの情報を消去する。具体的には、チップピッチLtで繰り返し検出される信号はパターンピッチL2のパターンからの信号だと判断して、検出信号自体を削

$$\alpha = 1 - (w \cdot nx/L2)$$

逆に、(数7)式より、

【0059】

$$L2 = 1 - (w \cdot nx/\alpha)$$

従って、検出エリア率 α を大きく保つと、消去できるパターンのピッチは大きくなってしまふ。

【0060】ここで、基板上の全てのピッチのパターンを消去するためには、図13に示すように、上記の空間フィルターで消去できるパターンピッチL1がオペレータにより消去できるパターンピッチL2より大きければよい。即ち、図13に示す如く、空間フィルターによる消去とオペレータによる消去とがオーバーラップすること

を消去している。従って、「オペレータによって消去可能な空間周波数」より「空間フィルターによって消去可能な空間周波数」が大きい必要がある。以下、理由を説明する。

【0052】図10に示すように基板1上に、パターンピッチL1およびL2 (L1<L2) のパターンが形成されている場合を考える。このパターンにより照明光は $\theta1$ 、 $\theta2$ の方向に回折され、空間フィルター106上でピッチpf1、pf2 (pf1>pf2) の回折パターンを作る。従って、以下の式が成立する。

【0053】

【数4】

(数4)

【数5】

(数5)

検出器107上に結像してしまい消去されない。(以下、「パターンが消去される」とは、このように「パターンから射出する光、つまりパターン情報をもった光を空間フィルター106で遮光することにより、検出器107上に光を届かないようにし検出器上にパターンの像を結像しないようにする」ことを意味する。) 従って、(数4)、(数5)式より、以下の(数6)式が成立する。

【0056】

【数6】

(数6)

除する。(この場合、「パターン情報を消去する」とは、文字通り「信号を削除する、捨てる」ことを意味する。) ここで、後に説明する平面方向の量子化誤差を回避するために、先に説明したオペレータ219、231はx方向nx画素、y方向ny画素の大きさをもっており、このオペレータ内にパターンが存在した場合、判断画素はパターンであると判断する。従って、このオペレータ219、231の大きさにより検出エリアの率 α は、以下の式(数7)で示される。

【0058】

【数7】

(数7)

【数8】

(数8)

が必要である。これにより、あるピッチの繰り返しパターンが基板上に表れても、空間フィルター106かオペレータによってパターンを消去することができ、その結果微小異物のみを検出することができる。

【0061】ここで、図12に示すように、ピッチ可変のPRESフィルター106は最小ピッチpf1=1mmから最大ピッチ2・pf1=2mmまで連続的にピッチを変化できるように形成されている。また、空間フィ

ルター106による検出器107上での干渉現象を防ぐあるいは押さえるために、フィルター本数、ピッチ、フィルター幅を制限する必要がある。つまり、上記の最小空間フィルターピッチは製作上の限定だけでなく、干渉現象を押さえるためにも限定される。この際、以上のフィルター本数、フィールドサイズ、オペレータサイズの間の関係式が重要になる。

【0062】また、空間フィルター106によるパターン消去の可否は以下説明するように、消去するパターンのピッチによるのではなく、直線状空間フィルターの本数 $pfs/D = \lambda / (N.A. \cdot Lm)$

検出エリア率 α を十分に大きくとるには、

【0064】

$$k \cdot no \cdot w = Lm \quad (k \gg 1)$$

【0065】

$$D/pfs = nf$$

が、必要。

【0066】また、画素サイズは光学系の分解能付近に設定されれば、検査時間からも検出性能からも必要十分

$$w = k0 \cdot \lambda / N.A.$$

(数10)式、(数11)式、(数12)式より、

【0068】

$$pfs = D / (k \cdot k0 \cdot no)$$

【0069】

$$\alpha = 1 - (1/k) = 1 - ((no \cdot k0) / nf) \quad (数14)$$

となり、検出エリア率 α はオペレータサイズと直線状フィルター本数のみにより決定される。 $k0$ は約1で有り、オペレータサイズ no を3とすると、検出エリア率を例えば、80%以上とするには、15本以上の直線状空間フィルターがあればよいことになる。以上の検討結果は、検出すべき対象のパターンのピッチにかかわらず、画素サイズを検出器サイズと同等にし、概ね15本程度以上の直線状空間フィルターを用いれば、全てのピッチのパターンに対応できることを意味する。

【0070】なお、本発明をTF T基板等基板に適用できることは明らかである。

【0071】また、本発明は、特開平04-56245号公報に記載された半導体製造工程の量産立上げ及び量産ラインにおける異物モニタに適用できることは明らかである。

【0072】

【発明の効果】本発明によれば、半導体製造工程の量産立上げ及び量産ライン等における異物モニタとして、検出信号を対数変換して繰り返しパターンによる虚報を低減すると共に高性能異物、大異物を弁別して検査することができる効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例を示す構成図である。

【図2】図1に示す検出ヘッドの具体的構成を示す図である。

数によるものである。空間フィルター面の大きさを D 、最小空間フィルターピッチを pfs 、直線状空間フィルターの本数を nf 、 pfs の空間フィルターにより遮光可能な最大パターンピッチを Lm とする。検出器の視野を X 、画素サイズを w 、画素数を N とする。オペレータによる2チップ比較の際のオペレータサイズを no とする。

【0063】

【数9】

(数9)

【数10】

(数10)

【数11】

(数11)

であるから、

【0067】

【数12】

(数12)

【数13】

(数13)

【数14】

【図3】図1に示すオペレータ処理部の具体的構成を示す図である。

【図4】図1に示すパラメータ検出系の具体的構成を示す図である。

【図5】本発明に係る従来技術を示す図である。

【図6】本発明の基本概念を示す図である。

【図7】本発明に係る繰返しパターン除去方法を示す図である。

【図8】本発明に係る光学的フィルターリングによる比較検査の効果を示す模式図である。

【図9】本発明に係るパターンと異物との検出信号強度の関係を示す図である。

【図10】本発明に係る空間フィルターによる遮光時の様子を示す斜視図である。

【図11】本発明に係るオペレータ処理を説明する模式図である。

【図12】本発明に係る空間フィルターの形状を説明するための模式図である。

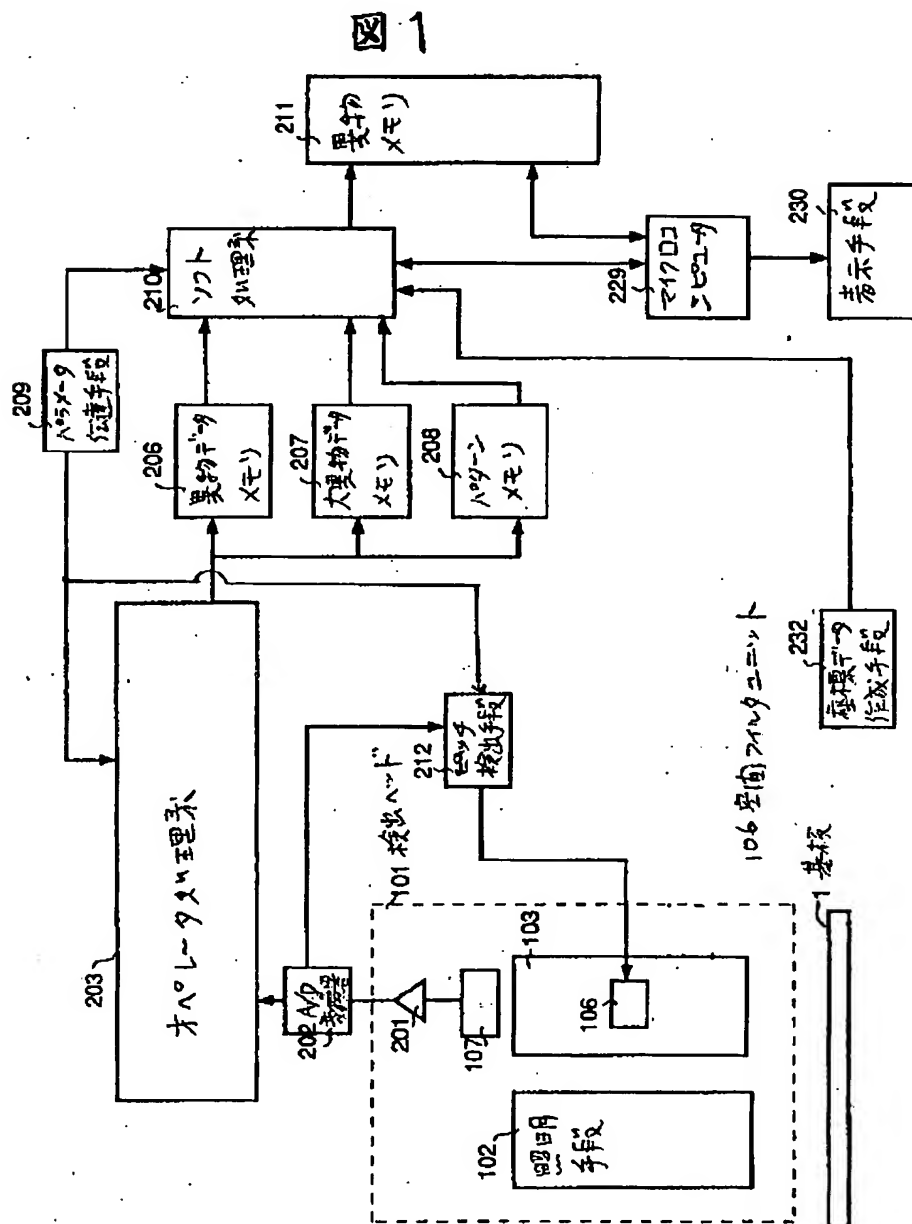
【図13】本発明に係るパターン消去の条件を説明するための模式図である。

【符号の説明】

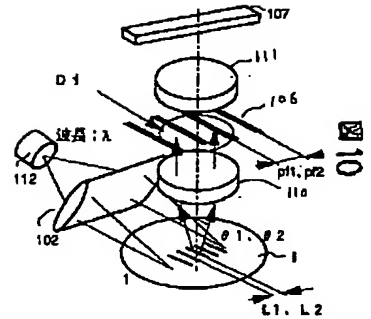
1…基板、101…検出ヘッド、102…照明手段、103…検出光学系、106…空間フィルタ(ユニット)、107…検出機、202…A/D変換器、203…オペレータ処理系、204…切り出し手段、

定回路、 2 2 2…第2の閾値設定回路、 2 2 3…第2
 の比較回路、 2 2 4、 2 2 5…OR回路、 2 2 6、 2
 2 7、 2 2 8…AND回路、 2 2 9…マイクロコンピ
 ュータ、 2 3 0…表示手段、 2 3 2…座標データ作成
 手段、 2 4 1…オバレータピッチ算出手段、 2 4 2…
 F F T回路、 2 4 3…空間フィルタ制御系、 2 4 4
 …フィルタピッチ算出手段

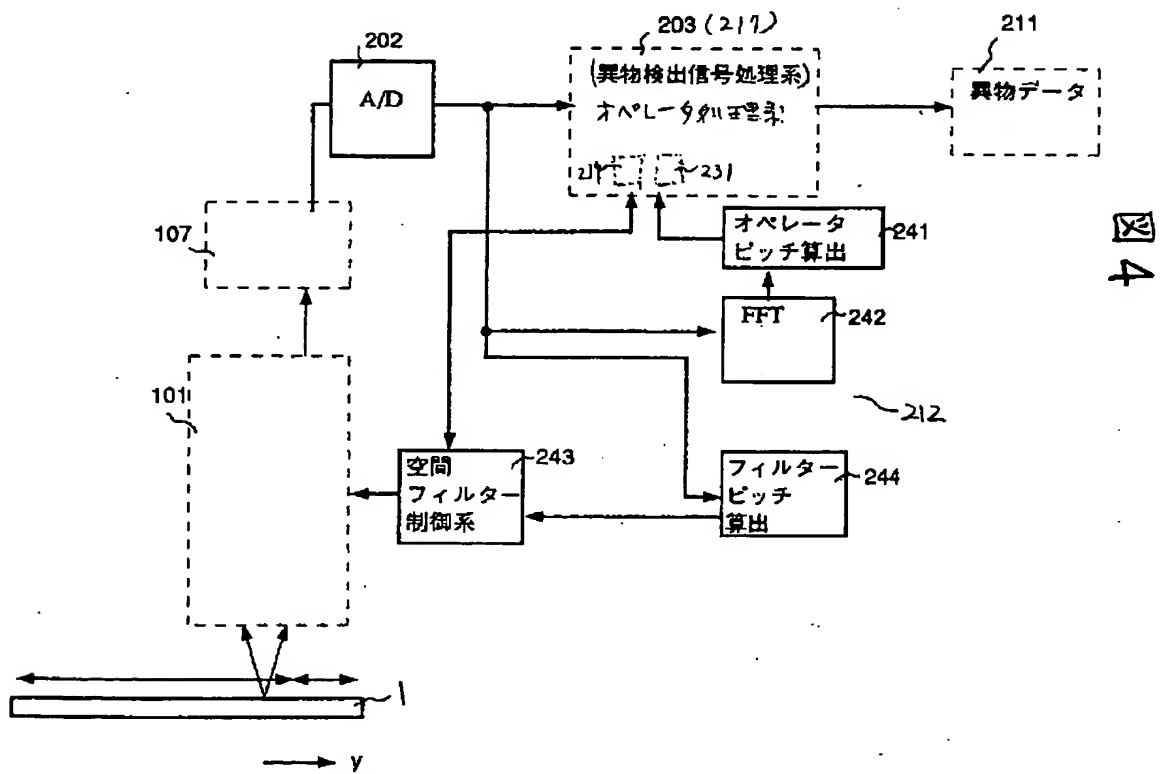
【図 1】



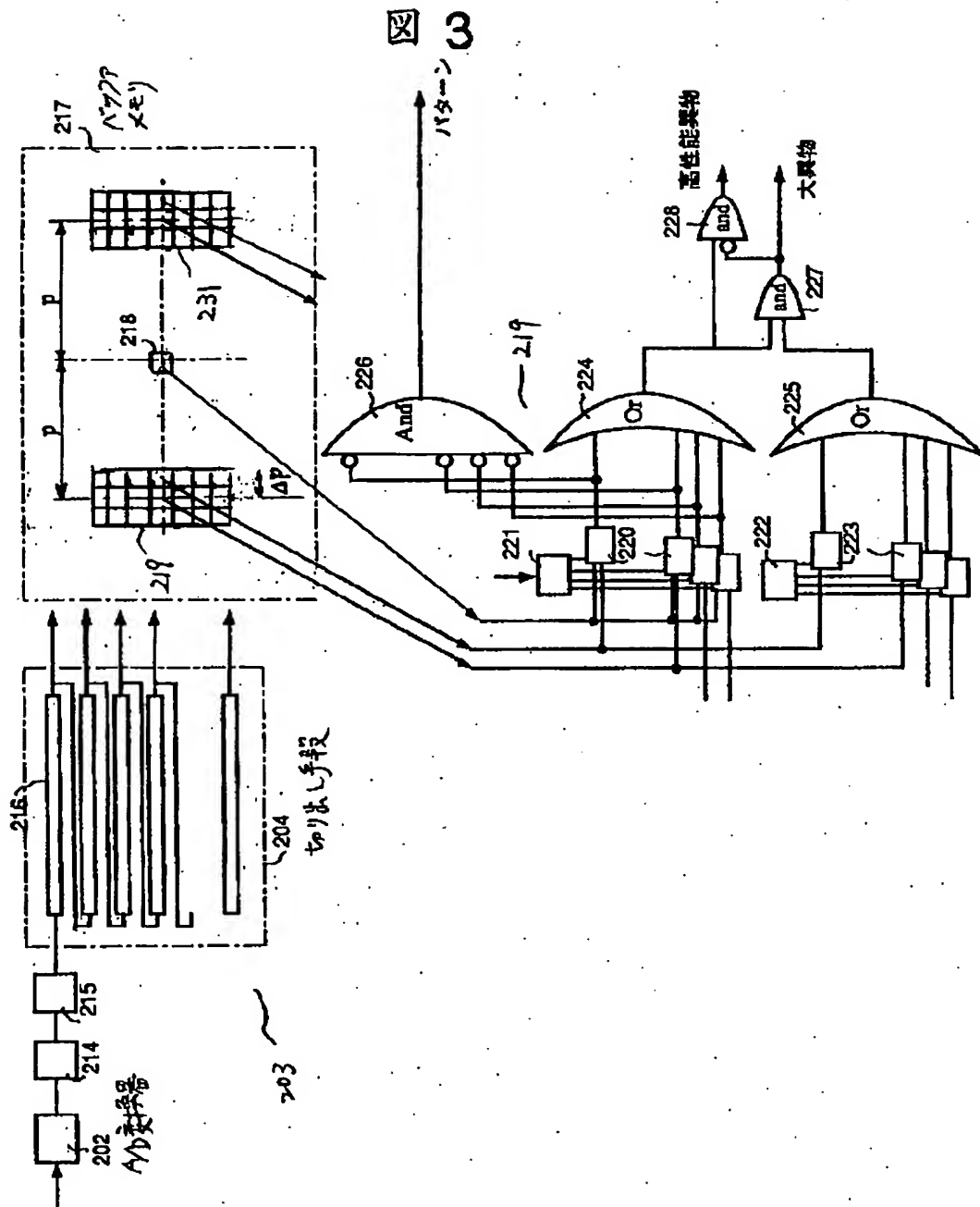
【☒ 1 0】



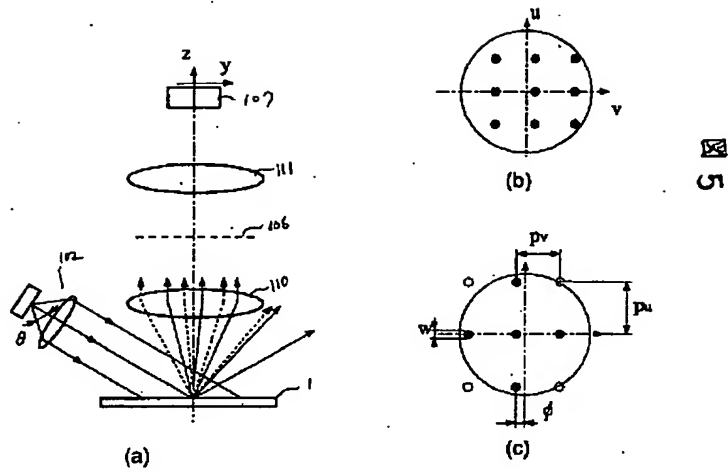
【図 4】



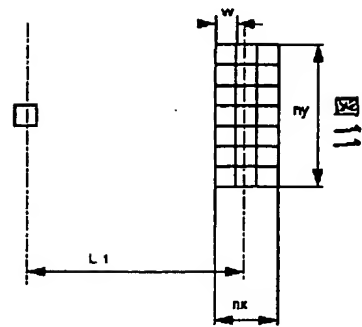
【図3】



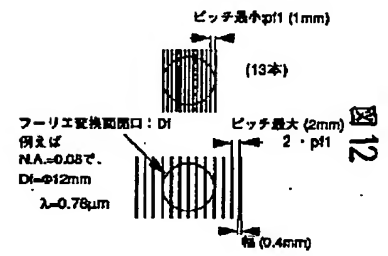
【図5】



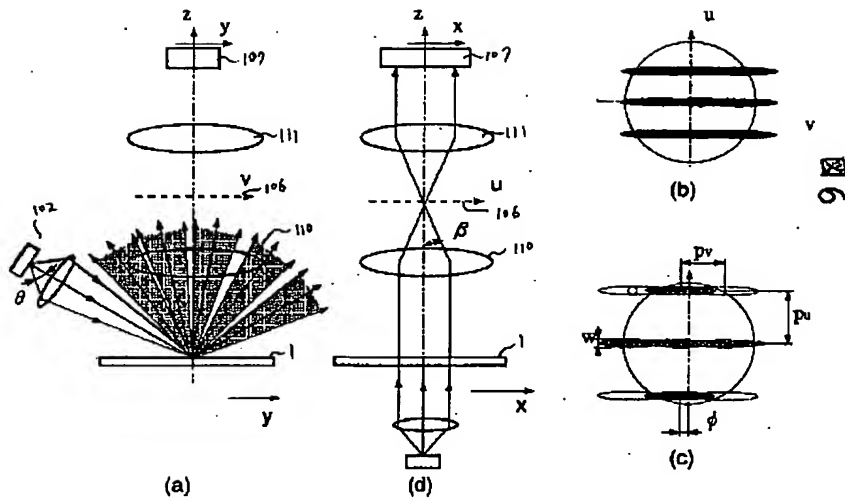
【図11】



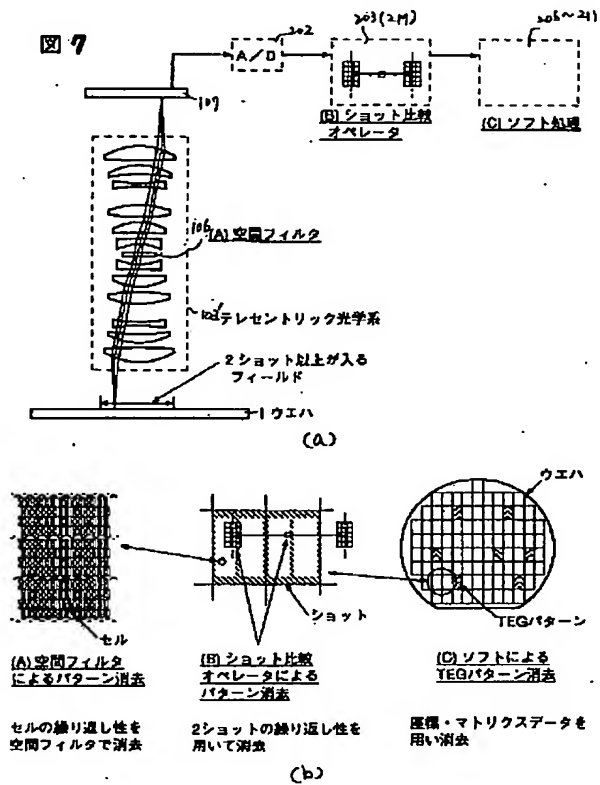
【図12】



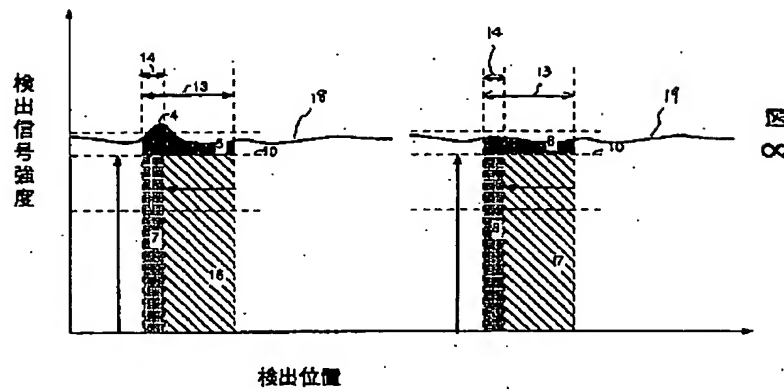
【図6】



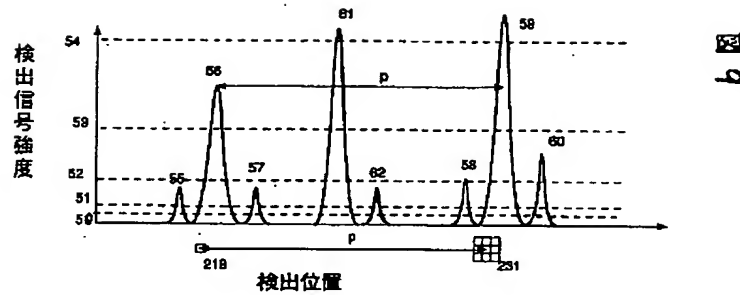
【図7】



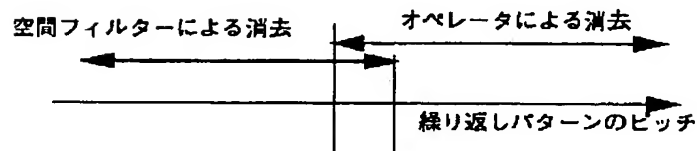
【図8】



【図9】



【図13】



| | pf1 (mm) | L1 (μm) | |
|-----------|----------|---------|---------------|
| 製作容易 ↓ | 0.6 | 100 | ↑ 検出エラー率高い |
| | 0.8 | 75 | |
| | 1.0 | 60 | |
| | 1.2 | 50 | |

フロントページの続き

(72)発明者 大島 良正
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式
会社日立製作所生産技術研究所内
(72)発明者 見坊 行雄
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式
会社日立製作所生産技術研究所内

(72)発明者 西山 英利
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式
会社日立製作所生産技術研究所内
(72)発明者 松岡 一彦
群馬県高崎市西横手町111番地株式会社日
立製作所高崎工場内

(72)発明者 執行 義春
群馬県高崎市西横手町111番地株式会社日
立製作所高崎工場内

(72)発明者 南谷 法宏
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式
会社日立画像情報システム内

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載
 【部門区分】第6部門第1区分
 【発行日】平成13年6月22日(2001.6.22)

【公開番号】特開平6-324003
 【公開日】平成6年11月25日(1994.11.25)
 【年通号数】公開特許公報6-3241
 【出願番号】特願平5-110190
 【国際特許分類第7版】

G01N 21/88

H01L 21/66

【F I】

G01N 21/88 E

H01L 21/66 J

【手続補正書】

【提出日】平成12年5月10日(2000.5.10)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】発明の名称

【補正方法】変更

【補正内容】

【発明の名称】欠陥検査方法及びその装置

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】繰り返しパターンを形成した試料を一方方向に連続的に移動させながら該試料の表面に前記一方方向に対して直角な方向に直線状に成形したレーザ光を照射し、該照射により前記試料の表面で反射した光のうち前記繰り返しパターンからの回折光を除去して検出し、該検出した前記パターンからの反射光の検出信号を用いて前記試料上に存在する欠陥を検出することを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項2】前記試料を照射するレーザ光は、前記試料上で一方方向に絞り込み、該絞り込んだ方向に対して直角な方向にコヒーレントな光であることを特徴とする請求項1記載の欠陥検査方法。

【請求項3】前記照射により前記試料の表面で反射した光を空間フィルタを介して検出することにより、前記パターンからの反射光を除去することを特徴とする請求項1記載の欠陥検査方法。

【請求項4】パターンを形成した試料の表面に直線状に成形したレーザ光を前記試料の表面に対して斜め方向から照射し、前記試料を前記レーザ光の直線状の方向に対してほぼ直角な方向に連続的に移動させながら前記照射

により前記試料の表面から該表面に対してほぼ垂直な方向に反射した光をイメージセンサで検出し、該検出した前記パターンからの反射光の検出信号を用いて前記試料上に存在する欠陥を検出することを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項5】前記試料を照射するレーザ光は、シリンドリカルレンズを用いて一方方向に絞り込んだ光であることを特徴とする請求項4記載の欠陥検査方法。

【請求項6】前記照射により前記試料の表面で反射した光を複数の直線状パターンからなる空間フィルタを介して検出することにより、前記パターンからの反射光を除去することを特徴とする請求項4記載の欠陥検査方法。

【請求項7】前記イメージセンサが、1次元のイメージセンサであることを特徴とする請求項4記載の欠陥検査方法。

【請求項8】パターンを形成した試料を一方方向に連続的に移動させ、該連続的に移動している試料に該試料の表面に対して傾斜した光軸を有する光学系を用いて前記連続的に移動する一方方向に対して直角な方向に直線状に成形したレーザ光を照射し、該照射による前記試料の表面からの反射光を該表面に対してほぼ垂直な光軸を有する光学系を用いて検出し、該検出した前記試料表面からの反射光の検出信号を用いて前記試料上に存在する欠陥を検出することを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項9】前記基板からの反射光を空間フィルタを介して1次元のイメージセンサで検出することを特徴とする請求項8記載の欠陥検査方法。

【請求項10】前記検出信号を対数変換したデータを用いて前記試料上に存在する欠陥を検出することを特徴とする請求項1または4または8の何れかに記載の欠陥検査方法。

【請求項11】一方方向に連続的に移動するテーブル上に載置したパターンが形成された試料の表面にレーザ光を該試料の表面に対して斜め方向から照射し、該照射によ

り前記試料の表面から反射した光のうち該表面に対してほぼ垂直な方向に配置したレンズを透過した光を空間フィルタを介してイメージセンサで検出し、該検出した信号を用いて前記試料上に存在する欠陥を検出することを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項12】前記試料の表面に照射するレーザ光は、前記テーブルが連続的に移動する一方向に対して直角な方向にコヒーレントな光であることを特徴とする請求項11記載の欠陥検査方法。

【請求項13】パターンを形成した試料の表面に直線状に成形したレーザ光を照射する照射手段と、該照射手段により照射されて前記試料の表面で反射した光のうち前記パターンからの反射光を除去して検出する検出手段と、前記試料を載置して少なくとも前記照射手段の前記レーザ光の直線状の方向に対してほぼ直角な方向に連続的に移動することが可能なテーブル手段と、前記検出手段で検出した前記試料の表面からの反射光の検出信号を用いて前記試料上に存在する欠陥を検出する欠陥検出手段とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項14】パターンが形成された試料を載置して少なくとも一方向に連続的に移動することが可能なテーブル手段と、該テーブル手段に載置した試料の表面に前記連続的に移動する一方向に対して直角な方向に直線状に成形したレーザ光を傾め方向から照射する照射手段と、前記試料の表面に対して垂直な方向の光軸を有して前記照射手段により照射されて前記試料の表面で前記光軸の方向に反射した光を前記パターンからの反射光を除去して検出する検出手段と、前記検出手段で検出した前記試料の表面からの反射光の検出信号を用いて前記試料上に存在する欠陥を検出する欠陥検出手段とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項15】前記照射手段はシリンドリカルレンズを有し、該シリンドリカルレンズを用いて前記レーザ光を直線状に成形することを特徴とする請求項13又は14に記載の欠陥検査装置。

【請求項16】前記検出手段は空間フィルタ部を有し、該空間フィルタ部で前記パターンからの反射光を除去することを特徴とする請求項13又は14に記載の欠陥検査装置。

【請求項17】前記空間フィルタ部は、15本以上の直線状空間フィルタを備えていることを特徴とする請求項16記載の欠陥検査装置。

【請求項18】前記検出手段はイメージセンサを用いて前記パターンからの反射光を除去した光を検出することを特徴とする請求項13又は14に記載の欠陥検査装置。

【請求項19】試料を載置して少なくとも一方向に連続的に移動可能なテーブル手段と、該テーブル手段上に載置した試料の表面にレーザ光を該試料の表面に対して斜め方向から照射する照射手段と、該照射手段の照射によ

り前記試料の表面から反射した光を該表面に対してほぼ垂直な方向に光軸を有するレンズを介してイメージセンサで検出する検出手段と、該検出手段で検出した信号を処理することにより前記試料上に存在する欠陥を検出欠陥検出手段とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項20】前記照射手段は、前記テーブル手段が連続的に移動する前記一方向の方向から該一方向に対して直交する方向に直線状に成形したレーザ光を照射することを特徴とする請求項19記載の欠陥検査装置。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0001

【補正方法】変更

【補正内容】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体製造工程、液晶表示素子製造工程、プリント基板製造工程等、基板上にパターンを形成して対象物を作成していく製造工程で、発生する異物等の欠陥を検出し、分析して対策を施す製造工程における異物などの欠陥の発生状況を検査する欠陥検査方法及びその装置に関する。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正内容】

【0007】本発明の目的は、上記従来技術の課題を解決すべく、検出信号を対数変換して繰り返しパターンによる虚報を低減すると共に高性能異物、大異物等の欠陥を弁別して検査できるようにした欠陥検査方法及びその装置を提供することに有る。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0029

【補正方法】変更

【補正内容】

【0029】ここで、図5(a)に示したような平面波ではなく、図6(a)、(b)に示すようなx方向には試料1上で絞り込み、y方向はコヒーレントすなわち平面波を照明した場合を考える。この場合、フーリエ変換面ではu軸方向には結像せずu軸方向に圧縮された形状の回折パターンとなる。結果的に、空間フィルタ106はv軸方向だけの1次元のパラメータに圧縮されたことになる。ここで、圧縮された回折パターンのv軸方向のピッチpは基板表面で照明されている領域のy軸方向のピッチに応じたピッチとなる。また、1本1本の線上の回折パターンの太さwは前側フーリエ変換レンズ110のフーリエ変換面への開口数 $\sin\theta$ により決定される。具体的には、照明系102の射出側開口数と前側フーリエ変換レンズ110の開口数により決定される。従

って、照明系 1 0 2 及びフーリエ変換レンズ 1 1 0 が決定されれば決まるものであって、検査対象である基板 1 上のパターンの影響を受けない。しかしながら、照明の

開口数を変える場合などもあり、直線状空間フィルター 1 0 6 の幅は可変であるほうがよい場合もある。